

ผลของชนิดชีวมวลต่อกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

ภาณุวัฒน์ บุญตาท้าว¹, สุวิพงษ์ เหมะธูลิน^{1*} และ ศรลักษณ์ พวงใบดี¹

¹ สาขาวิชาเครื่องกลและอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: suwipong@snru.ac.th โทรศัพท์: 093-5519414
(รับบทความ: 30 มีนาคม 2566; แก้ไขบทความ: 17 เมษายน 2566; ตอรับบทความ: 28 เมษายน 2566)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชีวมวลจากขี้เลื่อยและเห้งมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน โดยการทดลองเริ่มต้นจากการเตรียมชีวมวลทั้งสองชนิดให้มีขนาดเท่ากันแล้วนำไปอบเพื่อลดความชื้นภายใต้สภาวะเดียวกัน จากนั้นชีวมวลแต่ละชนิดถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไบนดของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันภายใต้อุณหภูมิปฏิกิริยา 800 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิง ผลการวิจัย พบว่า เห้งมันสำปะหลังสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้สูงสุดร้อยละ 83.7 โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำจึงช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ขณะที่ขี้เลื่อยผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 81.5 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้เห้งมันสำปะหลังยังผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของไฮโดรเจนและมีเทนได้สูงกว่าขี้เลื่อย เพราะประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเห้งมันสำปะหลังสูงกว่าขี้เลื่อย แต่แก๊สเชื้อเพลิงจากเห้งมันสำปะหลังมีค่าความร้อนต่ำกว่าแก๊สเชื้อเพลิงขี้เลื่อย 0.2 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม หากนำเห้งมันสำปะหลังไปผลิตเป็นแก๊สเชื้อเพลิงควรมีวิธีการเตรียมเพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพก่อนเพื่อประโยชน์ทางด้านพลังงานต่อไป

คำสำคัญ: ขี้เลื่อย, เห้งมันสำปะหลัง, เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไบนด, แก๊สเชื้อเพลิง, แก๊สซิฟิเคชัน

การอ้างอิงบทความ: ภาณุวัฒน์ บุญตาท้าว, สุวิพงษ์ เหมะธูลิน และ ศรลักษณ์ พวงใบดี, "ผลของชนิดชีวมวลต่อกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 1, ฉบับที่ 2, หน้า 8-17, 2566.

Effects of Biomass on Fuel Gas Production by Gasification Technology

Phanuwat Boontatao¹, Suwipong Hemathulin^{1,*} and Sonlak Phuangbaidee¹

¹ Department of Mechanical and Industrial, Faculty of Industrial Technology, Sakon Nakhon Rajaphat University

* Corresponding Author: suwipong@snru.ac.th, Tel: 093-5519414

(Received: March 30, 2023; Revised: April 17, 2023; Accepted: April 28, 2023)

Abstract

The purpose of this research was to study the effects of biomass from sawdust and cassava rhizomes on fuel gas produced by gasification technology. The experiment started by preparing both types of biomasses to be the same size and drying them to reduce moisture under the same conditions. Subsequently, each type of biomass was used as fuel in a gasification fluidized bed reactor at a reaction temperature of 800 °C. To study the yield of products and the composition of fuel gas. The results showed that cassava rhizomes could produce fuel gas up to 83.7 wt.% due to their low density, thus helping to achieve complete combustion efficiency. While sawdust produces 81.5 wt.% of fuel gas. In addition, cassava rhizomes produced fuel gas with hydrogen and methane compositions higher than sawdust because the combustion efficiency of cassava rhizomes was higher than sawdust. However, fuel gas from cassava rhizomes had a lower calorific value than sawdust fuel gas by 0.2 MJ/kg. If the cassava rhizomes are used to produce fuel gas, there should be preparation methods to improve the quality first for energy benefits in the future.

Keywords: Sawdust, Cassava rhizome, Fluidized bed reactor, Fuel gas, Gasification

Please cite this article as: P. Boontatao, S. Hemathulin, and S. Phuangbaidee, "Effects of Biomass on Fuel Gas Production by Gasification Technology," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, KSU*, vol. 1, no. 2, pp. 8-17, 2023.

1. บทนำ

วิกฤติพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลปัจจุบันทำให้ทุกประเทศทั่วโลกต่างพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ [1] พลังงานลม [2] พลังงานน้ำ [3] และพลังงานชีวมวล [4] ซึ่งที่กล่าวมาพลังงานจากชีวมวลถือได้ว่าเป็นพลังงานทดแทนอีกทางเลือกหนึ่งที่มีศักยภาพ เพราะชีวมวลได้เกิดจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของพืชและเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ดังนั้นหากปลูกพืชในปริมาณมากก็จะได้ชีวมวลในปริมาณมากเช่นกัน ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีชีวมวลในปริมาณมากตัวอย่างเช่น ชี้อ้อยจากการแปรรูปไม่ในโรงเลื่อยและโรงงานเฟอร์นิเจอร์ [5] และเห้ง้ามันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังมีปริมาณมากกว่า 8-9 ล้านตันต่อปี [6] โดยปัจจุบันมีงานวิจัยที่นำชีวมวลมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการทางเคมีความร้อนในรูปแบบ เช่น การผลิตแก๊สเชื้อเพลิง [6] การไพโรไลซิสแบบเร็ว [7] และการทอริแฟคชันสำหรับผลิตเชื้อเพลิงแข็ง [8] ซึ่งการแปรรูปชีวมวลด้วยกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงนั้นได้รับความนิยมอย่างมากในการพัฒนาไปใช้กับโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

การผลิตแก๊สเชื้อเพลิง หมายถึง กระบวนการทางเคมีความร้อนที่มีอุณหภูมิปฏิกิริยาประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส [9] ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้ คือ แก๊สเชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนัก [10] ซึ่งปัจจัยหลักของการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง คือ เครื่องปฏิกรณ์สามารถแบ่งออกได้ ดังนี้ แบบแก๊สไหลลง (Downdraft) [11] แบบแก๊สไหลขึ้น (Updraft) [12] แบบฟลูอิโดซ์เบด (Fluidised-bed) [13] และแบบฟลูอิโดซ์เบดหมุนเวียน (Circulating fluidised-bed) [14] โดยเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิโดซ์เบดและฟลูอิโดซ์เบดแบบหมุนเวียนมีประสิทธิภาพในการแยกถ่านชาร์และทาร์ได้สูง เพราะทำงานร่วมกับไซโคลนและชุดกรองไอร้อนเพื่อแยกถ่านชาร์ และชุดควบแน่นเพื่อแยกทาร์

จึงทำให้แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้มีความสะอาดมากกว่าการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงด้วยเครื่องปฏิกรณ์ชนิดอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชน์เบดและเบดหมุนเวียน พบว่า เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชน์เบดสามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายกว่าจึงเหมาะสำหรับนำไปผลิตแก๊สเชื้อเพลิง แต่ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าหากใช้เชื้อเพลิงและหัวน้ำมันสำหรับเป็นเชื้อเพลิงจะส่งผลต่อปริมาณและองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงอย่างไร

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้เลื่อยและเหง้ามันสำหรับใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชน์เบดที่อุณหภูมิปฏิกิริยา 800 องศาเซลเซียส เพื่อเปรียบเทียบปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงต่อไป

2. วิธีการวิจัย

การวิจัยเริ่มต้นจากการเตรียมชีวมวล แล้ววิเคราะห์สมบัติของชีวมวล จากนั้นเตรียมตัวกลางถ่ายโอนความร้อน และเตรียมหน่วยผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การเตรียมชีวมวล

ชีวมวลที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด คือ ขี้เลื่อย นำมาคัดขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงคัดขนาด 0.6-2.0 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นในชีวมวลให้ต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ขณะที่เหง้ามันสำปะหลังผ่านการ บดละเอียดให้มีขนาดเล็ก จากนั้นนำไปคัดขนาดด้วย ตะแกรงขนาด 0.6-2.0 มิลลิเมตร แล้วอบเพื่อลด ความชื้นเช่นเดียวกับขี้เลื่อย

การวิเคราะห์สมบัติของชีวมวล ประกอบด้วย การวิเคราะห์แบบปริมาณ การวิเคราะห์แยกธาตุ และการวิเคราะห์ค่าความร้อน ทั้งหมดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 การวิเคราะห์แบบประมาณ

1) ปริมาณความชื้นวิเคราะห์ตามมาตรฐาน
ASTM E 871-82

2) สารระเหยเกิดจากการระเหยตัวของสารที่
 ควบแน่นได้และไม่ได้ในชีวมวล ซึ่งการวิเคราะห์สาร
 ระเหยนี้วิเคราะห์ได้ตามมาตรฐาน ASTM E 872-82

3) แก้ว คือ สารอนินทรีย์ในชีวมวล ซึ่งปริมาณ
แก้ววิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM E 1755-01

4) คาร์บอนคงที่ จะทราบได้หลังจากรู้ปริมาณของคาร์บอนที่คำนวณจากน้ำหนักของชีวมวลตัวอย่าง เริ่มต้นลบด้วยปริมาณของคาร์บอนที่คำนวณได้สำหรับคาร์บอนในสารละลาย และในน้ำ ตามลำดับ

2.1.2 การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ

การวิเคราะห์แบบแยกธาตุเพื่อหาปริมาณธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) และกำมะถัน (S) ที่อยู่ในชีวมวล ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ CHNS รุ่น Micro-Tru Spec CHNS/O

2.1.3 การวิเคราะห์ค่าความร้อนสูง

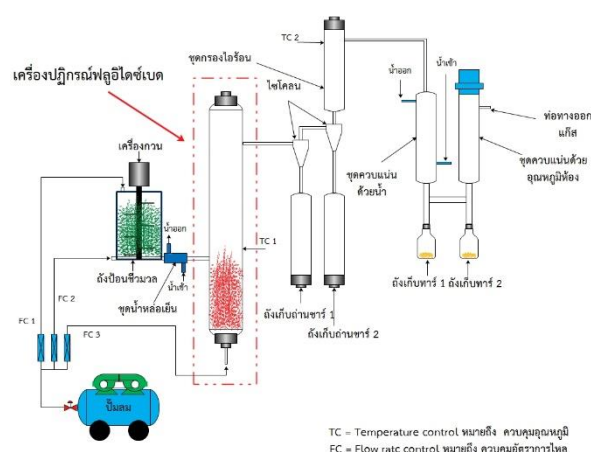
วิเคราะห์ด้วยวิธีบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ตาม
มาตรฐาน ASTM D240 โดยเครื่อง S.M.D. Torino
บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ รุ่น Art.2060/2070

2.2. การเตรียมตัวกลางถ่ายโอนความร้อน

ทราย คือ ตัวกลางถ่ายโอนความร้อน ซึ่งผ่านการตากแดดให้แห้ง จากนั้นคัดขนาดอนุภาค 0.4-0.6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมกับการเป็นตัวกลางถ่ายโอนความร้อน แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 575 องศาเซลเซียสประมาณ 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน ASTM E 1755-01 เพื่อกำจัดเชื้อหรือเศษวัสดุที่ปนเปื้อนทรายออก หลังจากนั้นนำทรายที่ผ่านการเผาไหม้มาคัดขนาด 0.4-0.6 มิลลิเมตร อีกครั้งก่อนนำไปใช้เป็นตัวกลางถ่ายโอนความร้อน

2.3 การผลิตแก๊สเชื้อเพลิง

ก่อนการทดลองต้องชั่งน้ำหนักของอุปกรณ์แต่ละชิ้น เริ่มจากการชั่งน้ำหนักของชีวมวล ตัวกลางถ่ายโอนความร้อน เครื่องปฏิกรณ์ ชุดกรองไอร้อน ไยแก้ว (5 กรัม) ชุดควบแน่น และถังเก็บทาร์ หลังจากนั้นต่อสายลมผ่านเกจวัดความดันผ่านเข้าชุดควบคุมอัตราการไหล (FC) ทั้ง 3 ตัว โดย (FC 1) เข้าผาบนของถังชีวมวล (FC 2) เข้าท่อลำเลียงด้านข้างของถังป้อนชีวมวล และ (FC 3) เข้าด้านล่างเครื่องปฏิกรณ์ในตำแหน่งฟลูอิดไธเซเบด จากนั้นต่อสายยางของน้ำหล่อเย็นจากปั้มน้ำไปยังชุดหล่อเย็นของท่อลำเลียงชีวมวล และชุดกรองไอร้อนตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 1 ขั้นตอนต่อไป คือ ต่อเทอร์โมคัปเบิลจากชุดควบคุมเข้า (TC 1) ในตำแหน่งไพโรไลซิสภายในเครื่องปฏิกรณ์ และ (TC 2) ในตำแหน่งภายในของชุดกรองไอร้อน และสุดท้ายนำตัวกลางถ่ายโอนความร้อนผสมกับชีวมวลบรรจุในเครื่องปฏิกรณ์แล้วเผาชีวมวลที่ผสมทรายด้วยแก๊สแอลพีจี (LPG) เป็นเวลาประมาณ 30 นาที แล้วสังเกตที่อุณหภูมิไพโรไลซิส (TC 1) จนแน่ใจว่าตัวกลางถ่ายโอนความร้อนมีอุณหภูมิสูงถึง 800 องศาเซลเซียส ตามเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 1 แผนภาพหน่วยผลิตแก๊สเชื้อเพลิงโดยเครื่อง
ปฏิกรณ์ฟลูอิดเบด

บทความวิจัย (Research Article)

เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดมีความกว้างภายใน 100 มิลลิเมตร และความสูง 800 มิลลิเมตร อัตราการป้อนชีวมวล คือ 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อัตราการไหลของแก๊สรวมทั้งระบบ คือ 20 ลิตรต่อนาที



รูปที่ 2 หน่วยการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงด้วยเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบด

เริ่มการทดลองโดยปรับอัตราการไหลของตำแหน่งฟลูอิดเบด (FC 3) 20 ลิตรต่อนาที จากนั้นป้อนชีวมวลผ่านท่อลำเลียงโดยควบคุมอัตราการไหล (FC 1) 5 ลิตรต่อนาที และ (FC 2) 10 ลิตรต่อนาที หากอุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดให้ลดอัตราการไหล (FC 1) บนฝาถังป้อนชีวมวลและหากอุณหภูมิต่ำให้เพิ่มอัตราการไหล (FC 1) เมื่อแน่ใจว่าอุณหภูมิไฟโรไลซิสและการป้อนชีวมวลเรียบร้อยดีให้ทำการทดลองประมาณ 20 นาที ให้เก็บแก๊สระหว่างการทดลองในตำแหน่งท่อทางออกแก๊สเพื่อให้ได้แก๊สที่ได้มีความเข้มข้นพอที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป หลังจากทดลองครบ 1 ชั่วโมง ให้หยุดป้อนชีวมวลโดยปิดอัตราการไหล (FC 1) แต่ยังคงเปิด (FC 2) และ (FC 3) เป็นเวลาประมาณ 5 นาทีเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีชีวมวลตกค้างอยู่ในระบบซึ่งสังเกตได้จากควันที่อยู่ใน

ถังเก็บทาร์ทั้ง 2 ตำแหน่ง จากนั้นปิดอัตราการไหล (FC 2) และ (FC 3) ตามลำดับ

2.4 การสมดุลมวล

เมื่อทดลองครบ 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เครื่องปฏิกรณ์และบริเวณที่ได้รับความร้อนเย็นตัวลงด้วยอุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที จากนั้นสมดุลมวลโดยชั่งน้ำหนักถังป้อนชีวมวล เครื่องปฏิกรณ์พร้อมตัวกลางถ่ายโอนความร้อน ชุดกรองไอร้อนพร้อมใยแก้ว และชุดควบแน่น โดยน้ำหนักที่ลดลงของถังป้อนชีวมวล คือ น้ำหนักของชีวมวลที่ใช้ในการทดลอง ขณะที่น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของเครื่องปฏิกรณ์และชุดกรองไอร้อน คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ถ่านชาร์ที่ได้จากกระบวนการ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของชุดควบแน่น คือ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ทาร์ สำหรับน้ำหนักของแก๊สเชื้อเพลิงได้จากการนำน้ำหนักของถ่านชาร์และทาร์รวมกันแล้วลบออกจาก 100

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบแก๊ส

องค์ประกอบแก๊สวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Shimadzu GC-8A ของบริษัท SHIMADZU ซึ่งเป็นผู้นำทางด้านเครื่องวิเคราะห์ทางเคมี วิเคราะห์โดยติดตั้งเครื่องตรวจจับการนำความร้อน (Thermal conductivity detector, TCD) มีคอลัมน์ คือ Porapak N (80/100 SS 2.3 mm I.D. × 1 m) และ Unibeads C (60/80 SS Col. 3 mm. I.D. × 2 m) และอาร์กอนที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.995 เป็นแก๊สพา ซึ่งแก๊สที่วิเคราะห์ได้ประกอบด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไฮโดรเจน (H₂) ไนโตรเจน (N₂) มีเทน (CH₄) เอทิลีน (C₂H₄) และอีเทน (C₂H₆)

บทความวิจัย (Research Article)

2.6 การคำนวณค่าความร้อนของแก๊ส

องค์ประกอบแก๊สแต่ละชนิดคูณด้วยค่าความร้อนและความหนาแน่นของแก๊สแต่ละชนิดตามข้อมูลในตารางที่ 1 แล้วคำนวณตามสมการ 1-2

ตารางที่ 1 สมบัติพื้นฐานของแก๊สเชื้อเพลิง

แก๊ส	ค่าความร้อนภายใต้อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดันบรรยากาศ (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)		ρ_i
	HHV _i	LHV _i	
H ₂	142	120	0.081
CO	10	10	0.717
CH ₄	55	50	1.178
C ₂ H ₄	51	48	1.145
C ₂ H ₆	52	47	1.360

$$HHV \left(\frac{MJ}{kg} \right) = \sum_i (y_i) (HHV_i) (\rho_i) \quad (1)$$

$$LHV \left(\frac{MJ}{kg} \right) = \sum_i (y_i) (LHV_i) (\rho_i) \quad (2)$$

เมื่อ y_i = สัดส่วนขององค์ประกอบแก๊สแต่ละชนิด (ร้อยละโดยปริมาตร)

HHV_i = ค่าความร้อนสูง (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)

LHV_i = ค่าความร้อนต่ำ (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)

ρ_i = ค่าความหนาแน่นแก๊ส (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลวิเคราะห์สมบัติของชีวมวล

รูปที่ 3 คือ ชีวมวลสำหรับการทดลองที่ผ่านการบดละเอียดและคัดขนาดอนุภาค 0.4-0.6 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเห้จ้ำมันสำปะหลังมีปริมาณความชื้น คาร์บอนคงที่ และเถ้าในปริมาณที่

สูงกว่าชี้เลื่อยค่อนข้างชัดเจน ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างทางเคมี (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน) ของชีวมวลที่แตกต่างกัน [15] ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้เห้จ้ำมันสำปะหลังมีเถ้าปริมาณสูงกว่าชี้เลื่อยที่ได้จากโรงเลื่อยจึงทำให้ปริมาณความชื้นและเถ้าของเห้จ้ำมันสำปะหลังมีปริมาณที่สูงกว่าชี้เลื่อย เมื่อพิจารณาสมบัติแบบแยกธาตุแสดงให้เห็นว่าชี้เลื่อยมีปริมาณคาร์บอนที่สูงกว่าเล็กน้อย นั้นเพราะว่าปริมาณออกซิเจนในชี้เลื่อยมีปริมาณต่ำกว่าเห้จ้ำมันสำปะหลัง ดังนั้น เมื่อนำชีวมวลทั้งสองชนิดไปวิเคราะห์ค่าความร้อนสูงจึงพบว่า ชี้้เลื่อยมีค่าความร้อนสูงกว่าเห้จ้ำมันสำปะหลังค่อนข้างชัดเจน



รูปที่ 3 ชีวมวลที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 2 สมบัติของชีวมวล

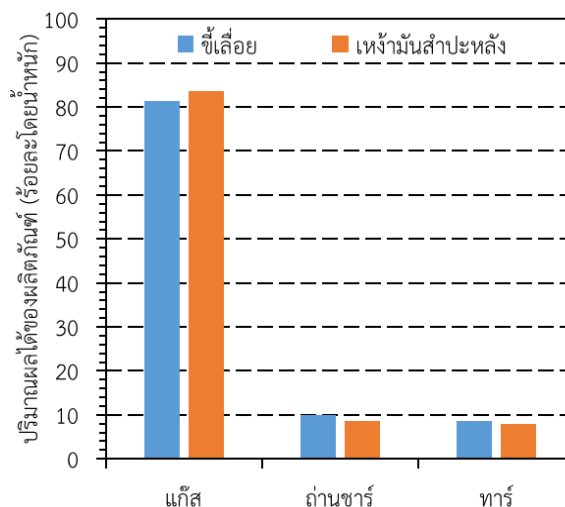
การวิเคราะห์	ชี้เลื่อย	เห้จ้ำมัน สำปะหลัง	ฟางข้าว [16]
การวิเคราะห์แบบประมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
ความชื้น	5.5	8.8	9.2
สารระเหย	78.7	68.7	70.3
คาร์บอนคงที่	6.9	10.6	18.9

บทความวิจัย (Research Article)

การวิเคราะห์	ชีเลื่อย	เหง้ามัน สำหรับ	ฟางข้าว [16]
เถา	8.9	11.9	1.6
การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
คาร์บอน	43.7	42.4	38.9
ไฮโดรเจน	5.8	4.6	5.3
ไนโตรเจน	0.9	1.2	1.1
ซิลเวอร์	0.1	0.2	0.2
ออกซิเจน	49.4	51.6	43.8
ค่าความร้อนสูง (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)			
	17.9	16.3	NA
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)			
	367	263	NA

3.2 ผลของชนิดชีวมวลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

กระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิปฏิกิริยา 800 องศาเซลเซียส ดังข้อมูลในรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าปริมาณแก๊สที่ได้จากเหง้ามันสำหรับ (ร้อยละ 83.7 โดยน้ำหนัก) สูงกว่าชีเลื่อยเล็กน้อย (ร้อยละ 81.5 โดยน้ำหนัก) นั้นเป็นเพราะว่าเหง้ามันสำหรับมีความหนาแน่นต่ำจึงช่วยให้เกิดการกระจายตัวได้ดี ส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยสังเกตได้จากปริมาณถ่านชาร์ที่เกิดจากเหง้ามันสำหรับมีปริมาณต่ำกว่าค่อนข้างชัดเจน นอกจากนี้ ความชื้นที่อยู่ในชีวมวลยังช่วยเพิ่มออกซิเจนทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเผาไหม้ เพราะวาทาร์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเป็นผลดีต่อการนำแก๊สที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงต่อไป

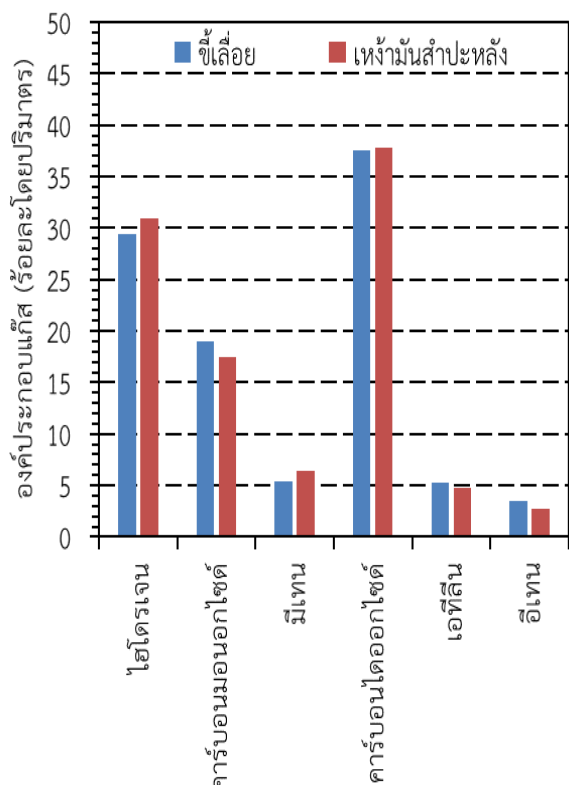


รูปที่ 4 ปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์

3.3 ผลของชนิดชีวมวลต่อองค์ประกอบแก๊ส

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีเลื่อยและเหง้ามันสำหรับในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดที่อุณหภูมิปฏิกิริยา 800 องศาเซลเซียส ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก โดยชีวมวลทั้งสองชนิดผลิตแก๊สนี้ได้ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ชีวมวลทั้งสองชนิดนี้ก็สามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของแก๊สไฮโดรเจน มีเทน เอทีลีน และอีเทน ได้อย่างชัดเจน โดยเหง้ามันสำหรับสามารถผลิตไฮโดรเจนและมีเทนได้มากกว่าชีเลื่อยนั้นเป็นเพราะว่าเหง้ามันสำหรับมีความหนาแน่นต่ำเมื่อถูกส่งผ่านเข้ามายังโซนปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ส่งผลให้ปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของไฮโดรเจนและมีเทนที่สูงกว่าชีเลื่อย อย่างไรก็ตามแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้ยังคงมีคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงจึงควรมีวิธีการกำจัดแก๊สนี้ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ เช่น การติดตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมี

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 5 องค์ประกอบแก๊ส

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบแก๊สที่ได้จากเห้งหม้นสำปะหลังนี้ พบว่า มีไฮโดรเจนมากกว่าฟางข้าวจากงานวิจัยของ Huijun และคณะ ที่รายงานว่าการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชด์เบด โดยใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิปฏิกิริยา 800 องศาเซลเซียส ได้แก๊สไฮโดรเจนร้อยละ 28 โดยปริมาตร [16] จึงอธิบายได้ว่าเห้งหม้นสำปะหลังสามารถผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้มากกว่าขี้เลื่อยและฟางข้าว

ผลวิเคราะห์ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวลทั้งสองชนิดในตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าแก๊สเชื้อเพลิงจากขี้เลื่อยมีค่าความร้อนสูงกว่าแก๊สเชื้อเพลิงจากเห้งหม้นสำปะหลัง 0.2 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 3 ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนแก๊ส	ขี้เลื่อย	เห้งหม้นสำปะหลัง
ค่าความร้อนสูง HHV _i (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	15.5	15.3
ค่าความร้อนต่ำ LHV _i (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)	14.3	14.1

จากข้อมูลที่รายงานมาเห้งหม้นสำปะหลังเป็นชีวมวลที่น่าสนใจสำหรับนำไปผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางพลังงานต่อไป หากแต่ก่อนนำไปผลิตแก๊สเชื้อเพลิงนั้นชีวมวลนี้ควรได้รับการปรับปรุงในกระบวนการเตรียมให้ดี

4. สรุปผลการวิจัย

การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวลสองชนิด คือ ขี้เลื่อยและเห้งหม้นสำปะหลัง ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชด์เบดที่อุณหภูมิปฏิกิริยา 800 องศาเซลเซียส พบว่าเห้งหม้นสำปะหลังสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้สูงสุดร้อยละ 83.7 โดยน้ำหนัก ขณะที่ขี้เลื่อยผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 81.5 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้เห้งหม้นสำปะหลังยังผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของไฮโดรเจนและมีเทนได้สูงกว่าขี้เลื่อย แต่แก๊สเชื้อเพลิงจากเห้งหม้นสำปะหลังมีค่าความร้อนต่ำกว่าแก๊สเชื้อเพลิงขี้เลื่อย 0.2 เมกะจูลต่อกิโลกรัม หากนำเห้งหม้นสำปะหลังไปผลิตเป็นแก๊สเชื้อเพลิงควรมีวิธีการเตรียมเพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพก่อนเพื่อประโยชน์ทางด้านพลังงานต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัย

บทความวิจัย (Research Article)

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] L. Govindarajan, M. F. Bin Mohideen Batcha and M. K. Bin Abdullah, "Solar energy policies in southeast Asia towards low carbon emission: A review," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, p. e14294, 2023.
- [2] I. Lunevich and S. Kloppenburg, "Wind energy meets buildings? Generating socio-technical change in the urban built environment through vanguard visions," *Energy Research & Social Science*, vol. 9, no. 8, p. 103017, 2023.
- [3] N. Nouri, F. Balali, A. Nasiri and H. O. Seifoddini, "Water withdrawal and consumption reduction for electrical energy generation systems," *Applied Energy*, vol. 248, pp. 196-206, 2019.
- [4] K. Duanguppama, N. Pannucharoenwong, S. Echaroj, L. K. H. Pham, C. Samart and P. Rattanadecho, "Integrated catalytic pyrolysis and catalytic upgrading of *Leucaena leucocephala* over natural catalysts," *Journal of the Energy Institute*, vol. 106, p. 101155, 2023.
- [5] J. He, Z. Yang, M. Guo, L. Gu, L. Zhang, Y. Yan and J. Ran, "Experimental study on the key factors affecting the gasification performance between different biomass: Compare citrus peel with pine sawdust," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 47, no. 71, pp. 30428-30439, 2022.
- [6] P. Sirinwaranon, V. Sricharoenchaikul and D. Atong, "Catalytic performance of Co, Fe on MCM-41 synthesized from illite waste for gasification of torrefied cassava rhizome," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 149-162, 2021.
- [7] K. Duanguppama, N. Pannucharoenwong, S. Echaroj, C. Turakarn, K. Chaiphet and P. Rattanadecho, "Processing of *Leucaena Leucocephala* for renewable energy with catalytic fast pyrolysis," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 466-479, 2022.
- [8] K. B. Kota, S. Shenbagaraj, P. K. Sharma, A. K. Sharma, P. K. Ghodke and W. H. Chen, "Biomass torrefaction: An overview of process and technology assessment based on global readiness level," *Fuel*, vol. 324, p. 124663, 2022.
- [9] Y. Ma, Z. Ge, M. Zeng, Z. Zha, Y. Tao and H. Zhang, "Reactivity and performance of steam gasification during biomass batch feeding," *Carbon Resources Conversion*, vol. 6, no. 3, 2023.
- [10] Q. Guo, R. Li, G. Yang, Y. Liu, Q. Deng and Z. He, "Experimental study on a small-scale oxygen-enriched entrained flow biomass gasifier assisted by non-thermal arc plasma," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 4298-4305, 2023.
- [11] A. Kumar, "Experimental investigation of a dual stage ignition biomass downdraft gasifier for deriving the engine quality gas," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 14, no. 3, p. 101912, 2023.
- [12] D. Cerinski, A. I. Ferreira, J. Baleta, M. Costa, F. Zimbardi, N. Cerone and J. Wang, "Modelling the biomass updraft gasification process using the combination of a pyrolysis kinetic model

บทความวิจัย (Research Article)

- and a thermodynamic equilibrium model," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 8051-8061, 2021.
- [13] C. Udemu and C. Font-Palma, "Modelling of sorption-enhanced steam reforming (SE-SR) process in fluidised bed reactors for low-carbon hydrogen production: A review," *Fuel*, vol. 340, p. 127588, 2023.
- [14] A. Pitkääoja and J. Ritvanen, "Simulation of sorption-enhanced gasification: H₂ O staging to a circulating fluidised bed gasifier to tailor the producer gas composition," *Energy*, vol. 266, p. 126446, 2023.
- [15] A. Pattiya, "Thermochemical Characterization of Agricultural Wastes from Thai Cassava Plantations," *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, vol. 33, no. 8, pp. 691-701, 2011.
- [16] G. Huijun, S. Laihong, F. Fei and J. Shouxi, "Experiments on biomass gasification using chemical looping with nickel-based oxygen carrier in a 2.5 kWth reactor," *Applied Thermal Engineering*, vol. 85, pp. 52-60, 2015.